LABORATÓRIO DE RESÍDUOS QUÍMICOS DO CAMPUS USP-SÃO CARLOS – RESULTADOS DA EXPERIÊNCIA PIONEIRA EM GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS EM UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Leny Borghesan A. Alberguini
Laboratório de Resíduos Químicos[#], Av. Trabalhador São-carlense 400, 13566-590 São Carlos - SP
Luis Carlos Silva
Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho[#], Av. Trabalhador São-carlense 400, 13566-590 São Carlos - SP
Maria Olímpia Oliveira Rezende*
Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, CP 780, 13560-970 São Carlos - SP

Recebido em 13/5/02; aceito em 30/8/02

LABORATORY OF CHEMICAL RESIDUES AT THE SÃO CARLOS CAMPUS OF THE UNIVERSITY OF SÃO PAULO - RESULTS OF A PIONEERING EXPERIENCE IN CHEMICAL RESIDUES MANAGEMENT IN AN UNIVERSITY CAMPUS. A novel and unique in a brazilian university experience for rigorous handling of chemical residues of research and teaching is described. The activities since 1998 of a laboratory for the adequate treatment and recovery of chemicals at the São Carlos Campus of the University of São Paulo are summarized. The necessity of environment conscience future professional is enhanced.

Keywords: chemical residues; treatment and recovery of chemicals; environmental education.

INTRODUÇÃO

A grande motivação para tratar resíduos químicos no Campus da Universidade de São Paulo em São Carlos veio do interesse por parte dos professores do Instituto de Química de São Carlos (IQSC), que armazenavam os resíduos gerados em seus laboratórios de pesquisa à espera de tratamento adequado. O material armazenado constituía-se em perigoso passivo ambiental, devido ao grande volume e às precárias condições de armazenamento.

O tratamento de resíduos químicos envolve grandes desafios. Abordar-se-ão três deles aqui: (1) como um Instituto de Química deve agir para que os resíduos químicos gerados não agridam o ambiente ou, melhor ainda, como recuperar resíduos químicos transformando-os em matéria-prima; (2) como desenvolver no aluno uma consciência ética com relação ao uso e descarte de produtos químicos e (3) como o professor deve proceder para tratar e recuperar os resíduos químicos gerados em seu laboratório? Em adição, resíduos químicos são gerados por vários laboratórios, cujos geradores não têm, necessariamente, conhecimentos de química, como por exemplo, laboratórios fotográficos, museus, centros esportivos, oficinas mecânicas etc. Como instruir tais usuários a manusear, tratar e recuperar resíduos químicos?

Em São Carlos, essa hercúlea tarefa foi resolvida pela criação de um único laboratório capaz de tratar os resíduos químicos provenientes de todos os laboratórios do Campus[1] com atividades químicas.

Esse laboratório conta, para o seu funcionamento, com dois funcionários integralmente dedicados e acompanhamento da engenharia de segurança, além de vários estagiários. Só dessa forma é viável o gerenciamento dos resíduos químicos, havendo possibilidade de implementar e avaliar novas rotinas de trabalho que contemplem a extensa gama de resíduos gerados nos muitos laboratórios de ensino e pesquisa de uma instituição de ensino superior.

Após o tratamento, o que era resíduo químico transforma-se em produto químico recuperado, ficando disponível para reutilização. Assim, a tomada de uma consciência ética com relação ao uso e descarte de produtos químicos busca atingir os denominados 5 R: *reduzir*, *reutilizar*, *recuperar*, *reaproveitar* e *reprojetar* [2]. Reduzir a quantidade de produtos químicos utilizados, reprojetando o desenho experimental, reutilizando-os após recuperá-los e reaproveitá-los.

Nesta memória são apresentados os resultados pioneiros alcançados no período de Fevereiro de 1999 a Fevereiro de 2002 através do programa de gestão e gerenciamento de resíduos químicos. Vale ressaltar que existem algumas iniciativas isoladas, de grande mérito, em gerenciamento de resíduos químicos, cujos esforços têm alcançado sucesso[3]. No entanto, os resultados ora apresentados são referentes ao único programa de tratamento de resíduos químicos provenientes de todos os laboratórios com atividades químicas, tanto de ensino como de pesquisa de todo um Campus universitário.

HISTÓRICO

Os resíduos químicos provenientes dos laboratórios com atividades químicas no Campus da Universidade de São Paulo, na cidade de São Carlos, são tratados e recuperados desde Fevereiro de 1998. O laboratório responsável pelo tratamento é o denominado Laboratório de Resíduos Químicos (LRQ) do Campus USP-São Carlos.

Sua concepção, no entanto, iniciou-se uma década atrás, a partir da constante procura do Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho (SESMT) do Campus pelos professores do IQSC, para disposição dos resíduos químicos gerados. Assim, a pedra fundamental ou, melhor dizendo, o pensamento fundamental que levaria à criação do LRQ foi a indicação, em 1990, de uma comissão que teve como objetivo a apresentação de propostas de gerenciamento de resíduos perigosos. Embora com o amplo nome de resíduos perigosos, a preocupação se atinha aos resíduos químicos.

*e-mail: mrezende@iqsc.usp.br
[#] associado ao Hospital Universitário

Inicialmente, a comissão composta de professores do IQSC, da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) e de um funcionário do SESMT propôs a construção de um abrigo provisório de resíduos químicos para estocar todos os resíduos, Classe I[4], os quais se encontravam irregularmente armazenados em tambores sem as devidas normas de segurança.

Em uma segunda etapa, identificou-se e rotulou-se o passivo ambiental, definindo-se os critérios para o gerenciamento do montante existente e também o que seria recebido[5,6]. O processo de rotulagem utilizado foi o denominado "Diagrama de Hommel" ou "Diamante do Perigo"[7], modificado para utilização em resíduos químicos (Figura 1). Assim, o resíduo foi classificado de acordo com seu grau de risco à saúde, inflamabilidade e reatividade.

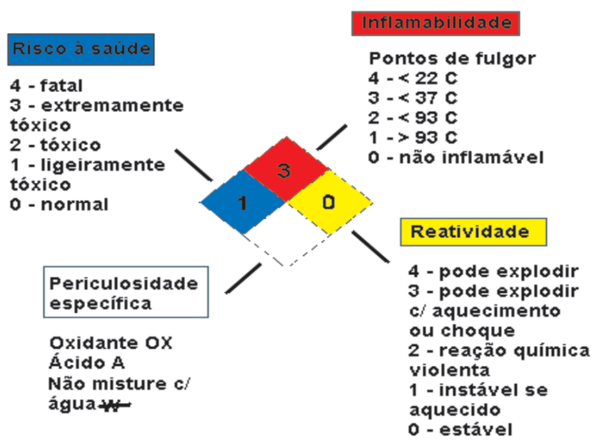


Figura 1. *Diagrama de Hommel* [7]

O abrigo provisório construído então, em estrutura de madeira e revestido por placas de madeira tratada, serviu como base a um projeto de construção de um abrigo de resíduos químicos de alvenaria, no final de 1990, com todas as características técnicas de segurança e com uma capacidade limite de 3000 L, onde os resíduos foram armazenados para um posterior tratamento (Figura 2).



Figura 2. *Abrigo de resíduos químicos*

De 1992 a 1996, alunos do Programa Especial de Treinamento da CAPES, sob tutoria do Prof. Dr. Gilberto Goissis (IQSC), desenvolveram um trabalho cujos objetivos foram identificar e quantificar os resíduos de natureza química produzidos pelas atividades de ensino e pesquisa nos laboratórios do IQSC, bem como dar início às soluções para os problemas gerados pelos mesmos. O projeto intitulou-se Programa de Tratamento de Resíduos Químicos Produzidos pelos Laboratórios de Ensino e Pesquisa em Química do Campus de São Carlos[8].

A avaliação dos resíduos químicos foi realizada com uma amostragem de 1196 L em que se verificou que 45% deles eram recuperáveis por destilação, 8% após tratamento e destilação, 15% por descarte após diluição, 17% necessitavam tratamento mais específico e 15% não eram descartáveis.

A partir dos resultados obtidos e da existência de um abrigo de resíduos químicos no Campus, com a parceria da Divisão de Saúde, Higiene, Segurança e Medicina do Trabalho do Hospital Universitário (DSHSMT-HU- Divisão da Engenharia) iniciou-se a construção de uma área de 100 m^2 para montagem do já referenciado Laboratório de Resíduos Químicos (Figura 3), cujo objetivo era o tratamento dos resíduos químicos líquidos gerados no Campus de São Carlos.

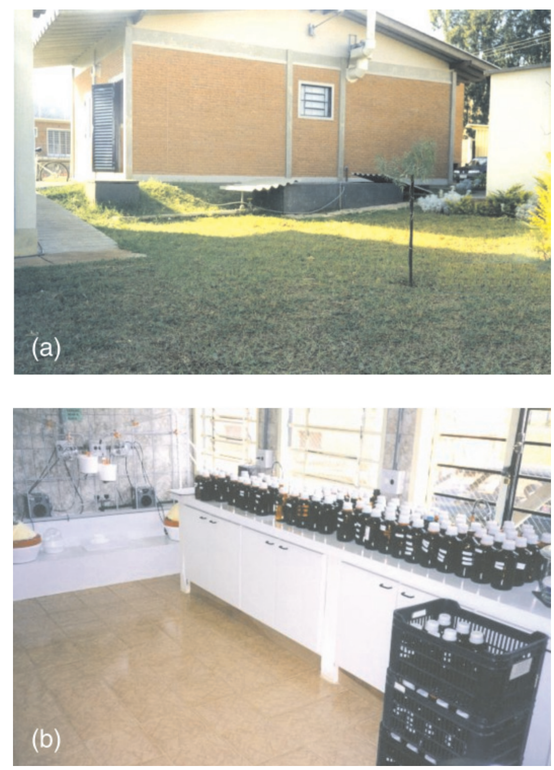


Figura 3. *Laboratório de Resíduos Químicos: (a) Vista externa lateral e (b) vista interna*

O LRQ foi inaugurado em 13 de outubro de 1997 e iniciou efetivamente suas atividades práticas em 1998, após adequações internas e contratação de dois profissionais para seu funcionamento.

O objetivo desta memória é demonstrar que o gerenciamento de resíduos químicos é viável e depende da conscientização e participação de professores, funcionários e alunos. Para que esse gerenciamento tenha êxito, é necessário desenvolver uma consciência ética com relação ao uso e descarte de produtos, visando a prevenção da poluição e redução, reaproveitamento e recuperação de materiais, objetivando a preservação ambiental.

INFRA-ESTRUTURA EXISTENTE

O abrigo de resíduos químicos, com uma área de 30 m^2, foi construído em alvenaria dentro dos padrões internacionais de segurança ocupacional para armazenar solventes inflamáveis[9]. As prateleiras têm revestimento em tinta epóxi e o edifício não tem janelas para evitar a entrada de luminosidade. A ventilação é mantida por

elementos vazados junto ao teto e um portão de duas folhas de chapa perfurada. O piso, confeccionado em placas de concreto vazadas, permite, no caso de derramamentos acidentais, o escoamento do resíduo por uma canaleta em forma de U ligada a um reservatório, onde o resíduo pode ser recolhido. Não há fontes de eletricidade para evitar possíveis explosões devido à formação de vapores. Nesse abrigo, os resíduos químicos são dispostos levando em consideração suas incompatibilidades químicas[5,6]. (Figura 4).



Figura 4. *Visão interna do Abrigo de Resíduos Químicos, dando destaque às prateleiras (a) e aos frascos etiquetados (b)*

O LRQ ocupa uma área de 100 m^2. Após a modernização da sua infra-estrutura com o apoio da FAPESP – processo n° 2001/00970-2[10] - ele conta com duas capelas e cinco sistemas de destilação de grande porte acoplados a um sistema de recirculação de água, um escritório, uma sala de apoio para análise e armazenagem provisória de produtos em tratamento ou já recuperados. Possui, também, duas caixas interligadas de tratamento de água para recolhimento de resíduos descartáveis provenientes das capelas, das bancadas e das pias (Figura 5). Tais resíduos são previamente tratados antes de serem lançados na rede de esgoto convencional.

ATIVIDADES E RESULTADOS DO LABORATÓRIO DE RESÍDUOS QUÍMICOS DO CAMPUS USP-SÃO CARLOS

As atividades do LRQ foram iniciadas com o tratamento de 3000 L que estavam armazenados no abrigo de resíduos químicos, objetivando minimizá-los a partir de processos de recuperação ou disposição adequada. O tratamento dos passivos ambientais ocorreu de Fevereiro de 1998 a Fevereiro de 1999. Os processos utilizados para o tratamento compreenderam a recuperação de solventes orgânicos, a precipitação de soluções contendo sais metálicos, a neutralização de soluções e o descarte adequado de resíduos.

A fração não recuperável, em torno de 500 L foi, então, encaminhada para incineração após a contratação de uma firma credenciada junto à CETESB para transporte e disposição de resíduos químicos[11]. Após a queima, houve o envio da certificação da disposição correta do produto.



Figura 5. *Laboratório de Resíduos Químicos após modernização: (a) sistema de destilação e (b) caixas de tratamento de água*

O LRQ implantou, em 1999, o PROGRAMA DE GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS. A partir da implantação desse programa, o nome abrigo de resíduos químicos foi substituído para Entreposto de Armazenamento que, na opinião dos autores desta, reflete melhor a condição temporária dos resíduos químicos à espera de tratamento.

Esse programa baseia-se nos seguintes procedimentos:

a) envio de memorando ao LRQ solicitando a retirada dos resíduos químicos;
b) rotulagem *in situ* dos frascos;
c) acondicionamento dos resíduos para transporte seguro;
d) transporte dos resíduos ao Entreposto de Armazenamento;
e) disposição adequada dos resíduos no Entreposto de Armazenamento;
f) tratamento dos resíduos;
g) análise química para reutilização do produto químico recuperado e
h) disposição adequada dos resíduos não descartáveis [4,11].

Os procedimentos (a) e (b) são de inteira responsabilidade do laboratório gerador; (c) e (d) são de responsabilidade do laboratório gerador, com acompanhamento de funcionário do LRQ; (e), (f) e (g) são de inteira responsabilidade do LRQ e o procedimento (h) é de responsabilidade conjunta do LRQ e da unidade.

O fluxograma das atividades do programa de gestão e gerenciamento de resíduos químicos está apresentado na Figura 6.

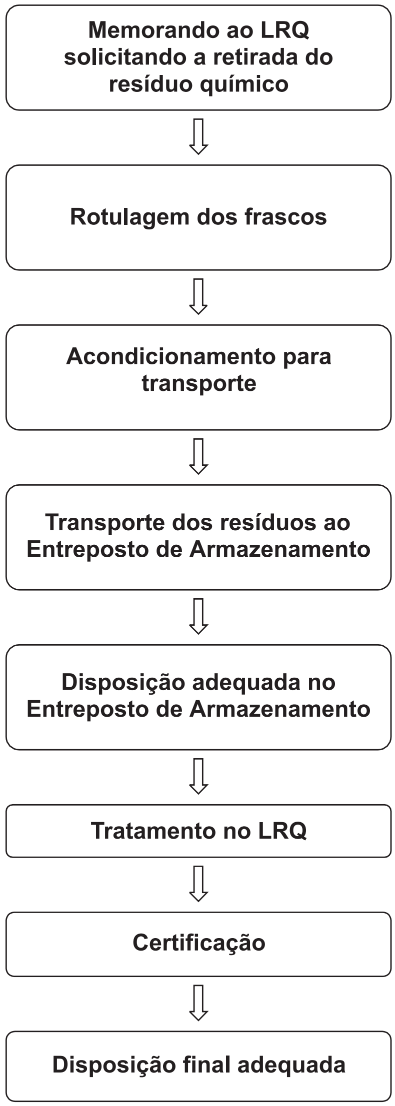


Figura 6. *Fluxograma dos procedimentos do programa de gestão e gerenciamento de resíduos químicos*

No Campus de São Carlos optou-se por um único laboratório de tratamento de resíduos químicos, por entendermos que assim otimiza-se o trabalho, tornando mais econômico e funcional o gerenciamento dos resíduos.

Mas, cuidado, tendo-se um único LRQ no Campus poder-se-ia dar a impressão de que os resíduos, após gerados, são retirados da responsabilidade do laboratório gerador, ou seja, desaparecem como por encanto.

Aqui, vale salientar que os resíduos só são recebidos após correta identificação e que há o acompanhamento do resíduo até o Entreposto de Armazenamento, por um responsável do laboratório gerador. Tal procedimento dá ao laboratório gerador a responsabilidade que lhe é devida. O sucesso do gerenciamento dos resíduos químicos depende, portanto, da responsabilidade e da atitude ética e consciente de professores, funcionários e alunos.

Após implantação do PROGRAMA DE GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS, a consciência ética formada se auto-alimenta tornando inconcebível a irresponsável prática de lançar resíduos químicos pia abaixo. Essa atitude diária, essa prática cotidiana, leva o aluno a desenvolver uma ética adequada e correta no que concerne à manipulação, tratamento e descarte de produtos químicos levando, conseqüentemente, à preservação ambiental e influenciando sua atitude na vida profissional futura.

O apoio local do LRQ aos laboratórios geradores de resíduos químicos concretiza-se na forma de palestras nas unidades, orientação na rotulagem, segregação ou separação e coleta. Com esse apoio, foram realizadas 195 retiradas de material, de Fevereiro de 1999 a Fevereiro de 2002. O volume de material coletado nesse período foi de 12 t, sendo 55% do IQSC, 32% da EESC e 13% do IFSC, com uma média de 300 L/mês. Há cerca de 80 laboratórios com atividades químicas no Campus.

As principais atividades do LRQ são, portanto, de extensão e pesquisa. Para contemplar a grande diversidade de resíduos químicos produzidos pelos 80 laboratórios, são constantemente avaliadas e testadas novas rotinas de trabalho. Em adição, após a transformação dos resíduos em produtos químicos, o novo material recuperado só fica disponível para reutilização quando da determinação de sua pureza. Apenas o produto certificado, devidamente rotulado[7], torna-se disponível para reutilização. As atividades de extensão são aquelas concernentes ao apoio às unidades e à divulgação do programa de gestão e gerenciamento de resíduos químicos.

CONSCIENTIZAÇÃO DA IMPORTÂNCIA DO PROGRAMA DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS

Associação com o ensino

O programa possui características eminentemente práticas, que permitem aos alunos serem colocados em contato com problemas reais na área de química. Possibilita, ainda, a formação de uma ética adequada com relação à hierarquia de resíduos desde o manuseio dos produtos químicos por meio do conhecimento dos itens de segurança dos mesmos, utilizando sistema de rotulagem internacional.

A atitude diária do aluno, quer seja de graduação ou de pós-graduação, durante as aulas de laboratório e no decorrer de sua prática cotidiana de pesquisa, nas quais ele é levado a dispor adequadamente os resíduos químicos por ele gerados, além da possibilidade do oferecimento de estágios no LRQ, e da existência nos cursos de graduação de um elenco de disciplinas optativas que privilegiam a hierarquia dos resíduos, levam o profissional formado à tomada de decisões mais conscientes com relação à preservação ambiental, contribuindo para um comportamento ético na sua vida profissional.

Ressalta-se que disciplinas relacionadas ao tema são freqüentemente oferecidas, como por exemplo “Poluentes Ambientais” e “Ciências do Ambiente” no IQSC e “Poluição do Ar”, “Resíduos Sólidos e Impactos Ambientais” e “Processos e Operações em Tratamento de Resíduos” na EESC, entre outras.

A existência do LRQ contribui, em muito, com a formação do aluno no tocante à educação ambiental desse profissional, e de seu comportamento com relação à manipulação de reagentes, promovendo a responsabilidade com relação ao descarte dos resíduos gerados pelos mais diversos tipos de pesquisa.

Tudo isso leva à conscientização da necessidade do descarte adequado de resíduos químicos, visando a prevenção da poluição com vistas à preservação ambiental.

Bolsa de Resíduos Químicos

O programa Bolsa de Resíduos Químicos surgiu das necessidades encontradas, ao longo do período das atividades do LRQ, quando do atendimento a outras instituições de ensino e pesquisa, na divulgação dos produtos recuperados e na troca de materiais e informações encontradas.

Por meio da Bolsa de Resíduos Químicos, o material recebido é identificado, classificado e recuperado no LRQ, ficando disponível aos interessados via correio eletrônico (residuos@sc.usp.br).

Como conseqüência desse programa, houve agilização no reaproveitamento e troca de produtos recuperados entre as diversas instituições. Tal fato trouxe benefícios ao ambiente, pela diminuição do volume de resíduos descartados, e também economia no tocante à compra de novos produtos – há solventes que já foram reutilizados seis vezes!

CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Os resultados alcançados no Campus de São Carlos para o tratamento e recuperação de resíduos químicos são promissores e demonstram inegavelmente que o programa de gestão e gerenciamento de resíduos é viável.

Em adição, e com grande impacto no tocante à educação ambiental, este programa dá oportunidade de treinamento aos alunos de graduação e pós-graduação no tocante à formação de agentes multiplicadores da hierarquia de resíduos, permitindo que o profissional egresso, independente de sua formação, adquira uma consciência ética com relação ao uso e descarte de produtos visando a preservação ambiental.

O sucesso do projeto depende da atuação responsável de professores, alunos e funcionários dos laboratórios que envolvem atividades químicas e dos funcionários do LRQ, que são integralmente dedicados ao tratamento desses resíduos.

Em vista dos resultados aqui apresentados, esta experiência única em um Campus universitário há mais de três anos está sendo agora considerada para ser estendida aos demais Campi da Universidade de São Paulo. Destaca-se o Campus de Ribeirão Preto, cujo programa encontra-se em fase de implementação. A perspectiva é contribuir para a solução definitiva da disposição, tratamento, recuperação e reaproveitamento, além do descarte adequado dos resíduos químicos gerados (sólidos, líquidos e gasosos) nos muitos laboratórios de ensino e pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP pelo financiamento e aos diretores e prefeitos do Campus USP-São Carlos. Agradecem, também, ao contínuo apoio do HU que teve início em 1997 na figura de seu superintendente na época, Prof. Dr. E. Tolosa, pela grande contribuição à implantação do LRQ.

REFERÊNCIAS

1. Carneiro, J. D.; *Ciência Hoje* **2001**, *178*, 55.
2. *Agenda 21* - Fundação Tropical e Pesquisas e Tecnologia "André Tosello", 1998, cap. 19.
3. Jardim, W. F.; *Quim. Nova* **1998**, *21*, 671; Cunha, C. J.; *Quim. Nova* **2001**, *24*, 4042; Amaral, S. T.; Machado, P. F. L.; Peralba, M. C. R.; Camara, M. R.; Santos, T.; Berleze, A. L.; Falcão, H. L.; Martinelli, M.; Gonçalves, R. S.; Oliveira, E. R.; Brasil, J. L.; Araújo, M. A.; Borges, A. C. A.; *Quim. Nova* **2001** *24*, 419; Bendassolli, J. A.; Mortatti, J.; Trivelin, P. C. O.; Ignoto, R. F.; Bonassi, J. A.; Tavares, G. A.; *Quim. Nova* **2002**, *25*, 312.
4. Normas Técnicas. Resíduos Sólidos, 1987, NBR 100004, São Paulo, ABNT.
5. Ashbrook, P. C.; Reinhardt, A.; *Environ.Sci.Technol*. **1985**, *19*, 1150.
6. Lunn, G.; Sansone, E. B.; *J. Chem. Educ*. **1994**, *71*, 972.
7. Manufacturing Chemists Association; *Guia para rotulagem preventiva de produtos químicos perigosos*. Fundacentro: São Paulo, 1980, 76.
8. Projeto: "Programa de Tratamento de Resíduos Químicos Produzidos pelo Laboratório de Ensino e Pesquisa em Química no Campus de São Carlos, Programa PET-CAPES, março de 1996.
9. Manual de licenciamento para o setor de Resíduos Sólidos - Apostilas Ambientais, SCMA - São Paulo, CETESB, 1997.
10. Projeto FAPESP # 01/00970-2. Programa de Infra-Estrutura para Tratamento de Resíduos Químicos, sob coordenação da Prof.ª Dr.ª Maria Olímpia de Oliveira Rezende, de 01/09/01 a 31/08/03.
11. Theodore, L.; Reynolds, J.; *Introduction to Hazardous Waste Incineration*, John Wiley Sons Inc: New York, 1987.